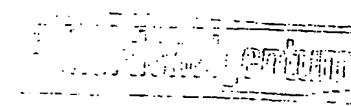




⑯ Aktenzeichen: P 36 17 455.6  
⑯ Anmeldetag: 23. 5. 86  
⑯ Offenlegungstag: 26. 11. 87



⑯ Anmelder:

Messerschmitt-Bölkow-Blohm GmbH, 2800 Bremen,  
DE

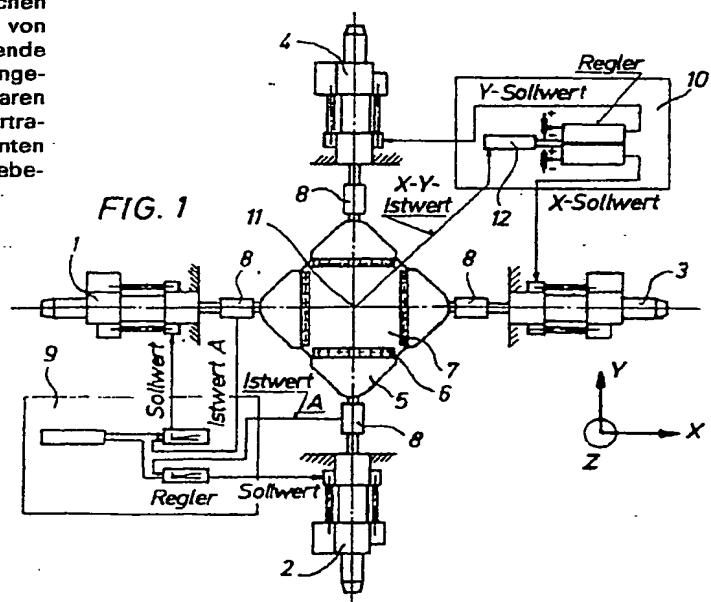
⑯ Erfinder:

Boeckers, Manfred, 2800 Bremen, DE; Mühlmann,  
Hans-Christian, Dr., 2820 Bremen, DE; Malek, Samir,  
Dr., 2822 Schwanewede, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑯ Zweiachsige Belastungsvorrichtung für flächenhafte Probenkörper

Untersuchungsvorrichtung zur zweiseitigen statischen und/oder dynamischen Zug- und/oder Druckbelastung von flächenhaften Materialproben, bei der die zu untersuchende Materialprobe in der Mitte zwischen vier kreuzförmig angeordneten und in Kraft und Hubweg elektronisch regelbaren Hydraulikzylindern (1, ...4) mit jeweils einem Kraftübertragungselement (5) mit mehreren Krafteinleitungselementen (6) an vier Seiten eingespannt und einer zweiseitigen ebenen Belastung unterworfen wird.



## Patentansprüche

1. Untersuchungsvorrichtung zur zweiachsigen statischen und/oder dynamischen Zug- und/oder Druckbelastung von flächenhaften Materialproben, dadurch gekennzeichnet, daß die zu untersuchende Materialprobe (7) in der Mitte zwischen vier kreuzförmig angeordneten, und in Kraft und Hubweg elektronisch regelbaren Hydraulikzylindern (1, 2, 3, 4) mit jeweils einem Kraftübertragungselement (5) an vier Seiten querkontraktionsfähig eingespannt einer zweiachsigen ebenen Belastung unterworfen wird, daß auf jeder der beiden Belastungssachsen der Untersuchungsvorrichtung ein Hydraulikzylinder (1, 2) kraftgeregt und die gegenüberliegenden Hydraulikzylinder (3, 4) weggeregt sind, daß eine Ortserkennungseinrichtung zur Ermittlung der Position der Materialprobe (7) vorhanden ist, die mit Hilfe einer Wegregelteinrichtung (10) einen beliebigen Punkt der Materialprobe (7) auf dem Schnittpunkt der Kraftrichtungslinien der Hydraulikzylinder hält. 5

2. Untersuchungsvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der die entstehenden Lasten aufnehmende Teil der Untersuchungsvorrichtung aus einer biegesteifen kreuzförmigen Konstruktion besteht, deren Schenkeloberseiten über jeweils einen Lagerbock zur Aufnahme eines Hydraulikzylinders (1..4) verfügen. 10

3. Untersuchungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 2, dadurch gekennzeichnet, daß die von den Hydraulikzylindern (1..4) erzeugten und auf die Materialprobe (7) wirkenden Kräfte Einzellasten sind, die sich an den jeweiligen Einspannstellen über mehrere Krafteinleitungselemente (6) auf die gesamte Probenlänge als gleichmäßige Last verteilen. 15

4. Untersuchungsvorrichtung nach einem der Ansprüche bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Krafteinleitungselemente (6) in Verbindung mit der Kraft- und Wegregelteinrichtung eine momentenfreie Krafteinleitung in die Materialprobe (7) bewirken. 20

5. Untersuchungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Materialprobe (7) querkontraktionsfähig in der Untersuchungsvorrichtung durch die Einspannung in den untereinander verschieblichen Krafteinleitungselementen (6) befestigt wird. 25

6. Untersuchungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß auf der kraftgeregelten Seite der Untersuchungsvorrichtung die wirksam werdenden Kräfte mit Hilfe von Kraftsensoren (8) gemessen und einer Kraftregelteinrichtung (9) für die Hydraulikzylinder (1, 2) zugeleitet werden, während auf der wegeregelten Seite die Kraftsensoren (8) Kontrollzwecken dienen. 30

7. Untersuchungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die kraftgeregelte Belastung der Materialprobe durch eine wegeregelte Belastung ersetzt ist, wobei die Istwertaufnahme mit Wegsensoren erfolgt und die Kraftsensoren (8) Kontrollzwecken dienen. 35

8. Untersuchungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Wegregelteinrichtung (10) aus einer Ansteuerungseinrichtung für die Hydraulikzylinder (3, 4) sowie 40

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

einem optischen X-Y-Positionssensor (12) besteht, der den Leuchtpunkt einer an beliebiger Stelle der Materialprobe (7) angebrachten Leuchtdiode (11) erfaßt.

9. Untersuchungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Krafteinleitungselemente (6) über Klemmbäcken (13) aus verstärkten Winkelprofilen verfügen, die paarweise mit einem Einspannkopf (14) verschraubt und untereinander getrennt sowie verschiebbar mittels Nadelkäfigen (15) auf Führungsstangen (16) angeordnet sind, welche an den Kraftübertragungselementen (5) befestigt sind. 10

10. Untersuchungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Einrichtungen zur Erzeugung statischer und/oder dynamische Kräfte für die mechanische Belastung der Materialprobe (7) aus elektrischen bzw. pneumatischen Stellvorrichtungen bestehen. 15

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Untersuchungsvorrichtung zur zweiachsigen statischen und/oder dynamischen Belastung von flächenhaften Materialproben.

Aus der Werkstoffkunde, insbesondere dem Bereich der Materialprüfung, sind Versuchsvorrichtungen für die zweiachsige statische und/oder dynamische Belastung von Materialprüflingen bekannt.

Diese Materialprüfvorrichtungen werden für Untersuchungen an rohrförmigen und/oder zylindrischen Probenkörpern genutzt. Mit Hilfe von gleichzeitig an dem Probekörper angreifenden Zug-, Druck- und Torsionskräften lassen sich die Belastungsgrenzen der Probenmaterialien bei zweiachsigen Spannungszuständen ermitteln.

In ebenen Werkstücken, die nur durch Kräfte in ihrer Ebene und parallel zu ihren Achsen beansprucht werden, können ebenfalls zweiachsige Spannungszustände auftreten. Dieser in der Theorie der Materialprüfung an sich klassische Spannungszustand erzeugt ein Spannungsfeld, das durch die zwei Hauptspannungen in der Ebene der Belastungsrichtungen gekennzeichnet ist.

In vielen Bereichen der Technik, so auch im Flugzeugbau, werden mechanische Bauelemente durch zweiachsige Spannungszustände belastet. Insbesondere der vermehrte Einsatz von Faserverbundwerkstoffen in der Luft- und Raumfahrtindustrie erfordert die genaue Kenntnis der Spannungsverteilung in derart belasteten Bauteilen, um eine gewichts- und kostenoptimale Konstruktion durchführen zu können.

Zudem wurde das Problem der Rißbildung bei zweiachsig belasteten flächenhaften Werkstücken aus den oben genannten Gründen bisher nur unzureichend untersucht. Insbesondere bei faserverstärkten Verbundwerkstoffen hat es sich als notwendig erwiesen, die bisher durchgeführten einachsigen Belastungsuntersuchungen durch die für den mehrachsigen Belastungsfall zu ergänzen. So können quantitative Merkmale für die Berechnung der Lebensdauer und der Kontrollintervalle der verwendeten Bauteile erhalten werden.

Aufgabe der Erfindung ist es daher, eine Untersuchungsvorrichtung zu entwickeln, die zur Ermittlung der Spannungsverteilung bei ebenen Flächenträgern geeignet ist und mit der bruchmechanische Kennwerte und das Rißverhalten zweiachsig statisch und/oder dynamisch belasteter flächenhafter Materialproben bestimmt werden können. Die zu untersuchenden Probe-

körper sollen Abmessungen aufweisen können, die über den bisher üblichen Labormaßstab für genormte Zug- und Druckmaterialproben hinausgehen.

Die erfundungsgemäße Lösung dieser Aufgabe ist in den Ansprüchen gekennzeichnet. Zur Erläuterung der Erfindung sind der Beschreibung Zeichnungen beigelegt, die eine vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung darstellen. Im einzelnen zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer zweiachsigen Belastungsvorrichtung für Materialproben,

Fig. 2 eines der Krafteinleitungselemente.

Die Untersuchungsvorrichtung zur zweiachsigen statischen und/oder dynamischen Zug- und/oder Druckbelastung von flächenhaften Materialproben besteht aus einer biegesteifen kreuzförmigen Metallkonstruktion, auf deren vier Schenkeloberseiten jeweils ein Lagerbock zur Aufnahme von jeweils einem Hydraulikzylinder 1 bis 4 vorhanden ist, wobei die Hydraulikzylinder 1...4 die erforderlichen Kräfte für die Materialprobenbelastung erzeugen. In einer vorteilhaften Gestaltung dieser Untersuchungsvorrichtung weisen die Schenkel dieser kreuzförmigen Metallkonstruktion je eine Länge von 4,5 m auf und haben eine Höhe von 1 m. Die maximale Materialprobengröße beträgt bei dieser Auslegung der Untersuchungsvorrichtung  $0,57 \times 0,57 \text{ m}^2$  ohne Einspannungsbereiche.

Zur Untersuchung einer Materialprobe 7 wird diese so in die Untersuchungsvorrichtung eingespannt, daß ihr flächenbezogener Mittelpunkt den Kreuzungspunkt der Kraftwirklinien der vier Hydraulikzylinder 1...4 markiert. Die Einspannung der Materialprobe erfolgt an ihren vier Seiten mit Hilfe von jeweils einem Kraftübertragungselement 5, die mit den Hydraulikzylindern 1...4 verbunden sind. An den Kraftübertragungselementen befinden sich mehrere Krafteinleitungselemente 6. Die Krafteinleitungselemente 6 bestehen aus einem Paar Klemmbacken 13, die aus verstärkten Winkelprofilen gefertigt sind, einem Einspannkopf 14 und Führungsstiften 16, 17. Die Klemmbacken 13 sind paarweise mit dem Einspannkopf 14 verschraubt. Die Einspannköpfe 14 sind untereinander getrennt sowie verschiebar mittels Nadelkäfigen 15 auf Führungsschienen 16, 17 angeordnet, die wiederum an einem trapezförmigen Kraftübertragungselement 5 befestigt sind. Die von den Hydraulikzylindern 1...4 erzeugten Kräfte sind Einzellasten und werden mittels der Krafteinleitungselemente 6 über die gesamte Probenlänge als gleichmäßige Last verteilt. Die Einspannung der Materialprobe 7 erfolgt dabei momentenfrei. Damit die Materialproben sowohl statischen als auch dynamischen Belastungen in Zug- und/oder Druckrichtung unterworfen werden können und dabei die Querkontraktionsfähigkeit des Materials erhalten bleibt, wird die Aktivität der vier Hydraulikzylinder 1 bis 4 von Regelungseinrichtungen bestimmt. Auf jeder der beiden Belastungssachsen der Untersuchungseinrichtung wird dabei ein Hydraulikzylinder kraftabhängig (Hydraulikzylinder 1 und 2), sowie der gegenüberliegende Hydraulikzylinder (3 und 4) wegabhängig geregelt.

Die Regelungseinrichtungen bestehen aus Kraftsensoren 8, oder gegebenenfalls Wegsensoren, die an den Hydraulikzylindern 1 bis 4 befestigt sind, aus einem X-Y-Positionssensor 12 für die Materialprobe 7 sowie aus Ansteuerungseinrichtungen für die Betätigung der Hydraulikzylinder 1 bis 4. Auf der kraftgeregelten Seite 60 der Untersuchungsvorrichtung werden an den Hydraulikzylindern 1 und 2 die auf die Materialprobe 7 wirkenden Kräfte durch die Kraftsensoren 8 ermittelt, wäh-

rend die Kraftsensoren 8 auf der weggeregelten Seite Kontrollzwecken dienen.

Bei einer Inbetriebnahme der Untersuchungsvorrichtung werden von den kraftgeregelten Hydraulikzylindern 1 und 2 vorgeählte Kräfte auf die Materialprobe 7 ausgeübt. Eine auf der Oberfläche der Materialprobe 7 mittig oder einem beliebigen Punkt angeordnete Leuchtdiode 11 mit schmalem Leuchtwinkel wird von einem X-Y-Positionssensor 12 in ihrer Ortsveränderung überwacht und die gemessenen Abweichungen von der Ursprungslage der Leuchtdiode an die Wegregeleinrichtung 10 übermittelt. Sie verarbeitet diese Informationen so, daß in den beiden Hydraulikzylindern 3 und 4 Reaktionskräfte geweckt werden, die die Verschiebung des Leuchtpunktes der Materialprobe 7 rückgängig machen. Hierdurch wird eine momentenfreie Krafteinleitung (Moment auf die Z-Achse  $M_z=0$ ) in die Materialprobe 7 gewährleistet.

In Abhängigkeit von den technischen Merkmalen der 20 Hydraulikzylinder 1 bis 4 lassen sich unterschiedliche Zylinderhublängen sowie unterschiedliche statische und dynamische Kräfte erzielen. In dem hier beschriebenen Ausführungsbeispiel beträgt die maximale Zylinderhublänge 0,15 m, während die maximale statische Kraft mit 210 kN und die maximale dynamische Kraft mit 168 kN bei einer Frequenz von bis zu 15 Hz angegeben wird. Die Hydraulikzylinder 1...4 können durch geeignete elektrische bzw. pneumatische Stellvorrichtungen 25 gesetzt werden.

Mit der hier beschriebenen Untersuchungsvorrichtung zur zweiachsigen statischen und/oder dynamischen Zug- und/oder Druckbelastung von flächenhaften Materialproben ist es möglich, durch unterschiedliche Belastungszustände mit Hilfe der weg- und kraftgeregelten 30 Hydraulikzylinder 1 bis 4 verschiedene Spannungszustände in der zu untersuchenden Materialprobe 7 zu realisieren, und die material- und versuchsspezifische Querkontraktion des Prüflings zu gestatten. Die Materialproben 7 können unterschiedliche Probengrößen aufweisen und aus unterschiedlichen Materialien, wie z.B. Metall, Metallwaben-Platten oder Platten aus Faserverbundwerkstoffen bestehen.

# Best Available Copy

Nummer:

36 17 455

Int. Cl. 4:

G 01 N 3/10

Anmeldetag:

23. Mai 1986

Offenlegungstag:

26. November 1987

3617455

FIG. 1

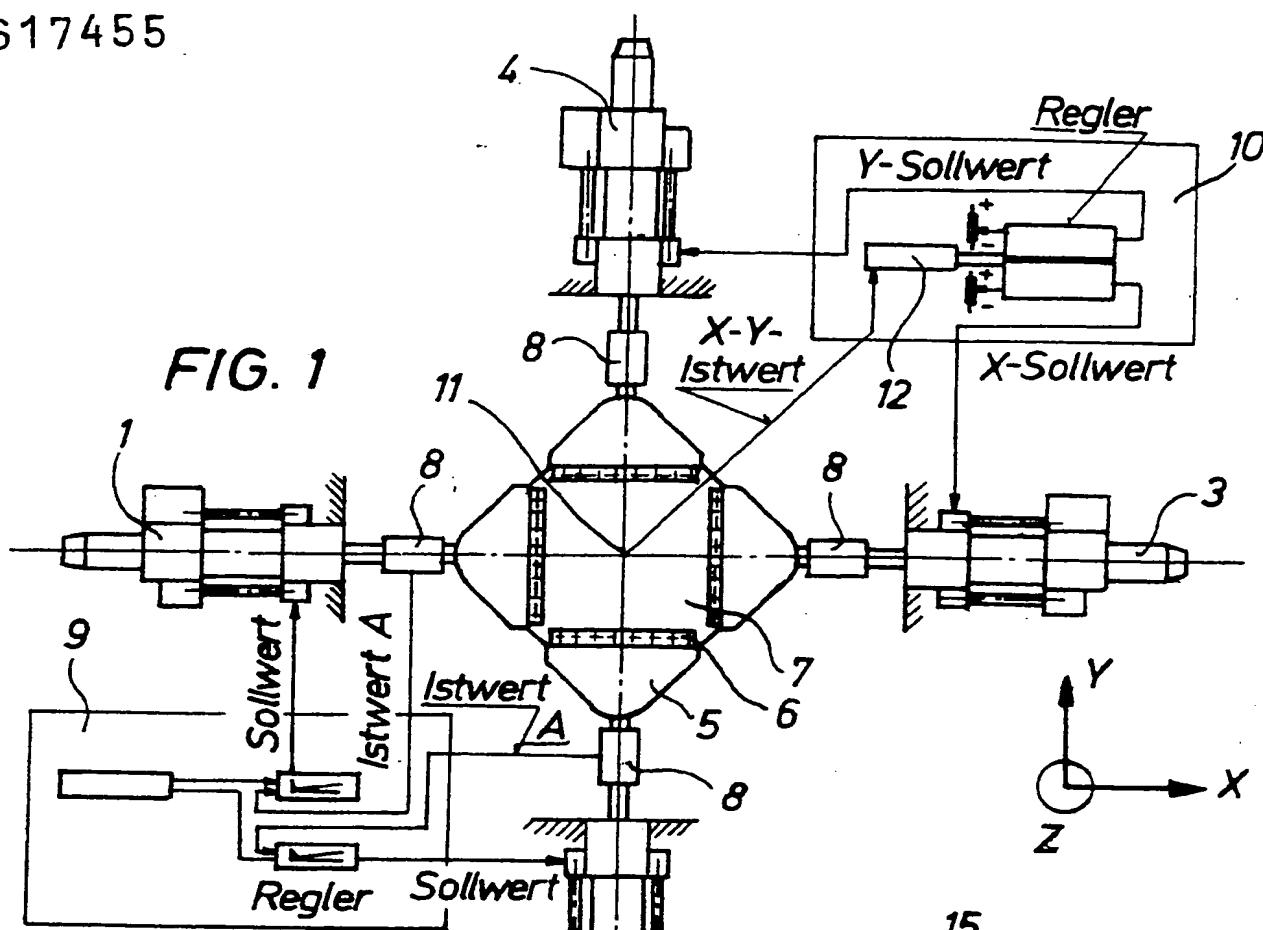
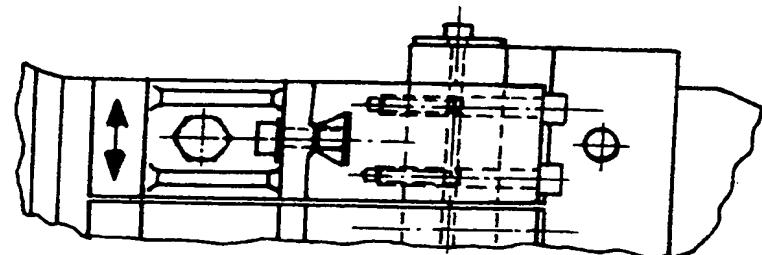
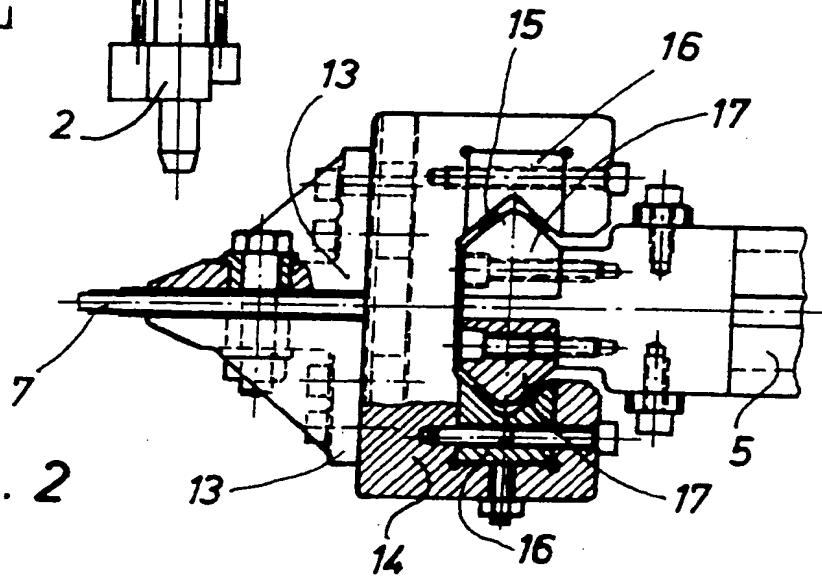


FIG. 2



708 848/299